

Kieferorthopädische Separiergummis und Silberfluoridapplikation fürs Approximalkariesmanagement im bleibenden Gebiss?

Ein Fallbericht und Diskussion zur Behandlung mit dieser innovativen, kostengünstigen Methode bei einem Jugendlichen mit hoher Kariesaktivität und Nachbeobachtung über fast 1 ½ Jahre – parallel dazu ergänzende konservative Therapie

Ein Beitrag von Julian Schmoeckel, Salma Al Nesser, Mhd Said Mourad, Christian H. Splieth, Ruth M. Santamaría und Eilaf E. A. Ahmed

Auf der Basis von aktuellen Erkenntnissen über Karies wurden und werden immer noch neue Kariestherapieoptionen entwickelt. Im vorliegenden Beitrag soll anhand eines Patientenfalles ein minimal-invasives, innovatives, kostengünstiges Behandlungskonzept von multipler Initialkaries im Approximalraum vorgestellt werden (Ahmed et al., 2023). Im Kern werden dazu nach vorheriger Diagnostik orthodontische Separiergummis in die Zahnzwischenräume eingesetzt und für ca. 1–2 Stunden in situ belassen. Direkt nach der Entfernung der Gummis erfolgt eine zügige direkte klinische Untersuchung der Approximalkaries und eine Applikation von Silber(diamin)fluorid (SDF) zur Kariesinaktivierung mittels Microbrush. Der Patientenfall belegt röntgenologisch die hohe Kariesaktivität vor der Behandlung sowie die deutlich reduzierte Kariesaktivität nach der einmaligen SDF-Applikation in der o. g. Technik nach knapp 1 ½ Jahren anhand von Bissflügelaufnahmen. Eine retrospektive Pilot-Untersuchung an der Kinderzahnheilkunde in Greifswald gibt deutliche Hinweise auf die Wirksamkeit dieser Technik. Die Ergebnisse wurden beim diesjährigen Weltkarieskongress vorgestellt und diese Studie wurde von der Organisation for Caries Research (ORCA) mit dem international renommierten ORCA Nathan Cochrane Junior Scientist

Award 2024 prämiert. Das wissenschaftliche Abstract in deutschsprachiger Übersetzung ist Teil dieses Beitrages und zeigt für 90 Prozent der behandelten E1/E2/D1-Läsionen über einen Zeitraum von 15 Monaten keine weitere Progression in den Bissflügel aufnahmen (Ahmed et al., 2024).

Einleitung

Karies ist ein Prozess, bei dem ein Ungleichgewicht zwischen Remineralisierung und Demineralisierung der Zahnoberfläche besteht (Marsh, 2018), und Initialläsionen stellen das früheste klinische Stadium dieses Prozesses dar (Machiulskiene et al., 2020). Sie entstehen, wenn der Zahnschmelz unter einer intakten oberflächlichen Schmelzschicht demineralisiert wird (Meyer-Lückel et al., 2012). Diese Initialläsionen können rückgängig gemacht oder aufgehalten werden, wenn die Remineralisierung den Demineralisierungsprozess überwiegt, oder zu einer Kavitation fortschreiten, wenn die Demineralisierung den Remineralisierungsprozess überwiegt (Rechmann et al., 2018).

Aktive Initialkaries erscheint klinisch als kreidig-weiße Läsionen (Agarwal et al., 2013) und kann auf gereinigten und getrockneten Okklusall- oder Glattflächen

leicht diagnostiziert werden (Neuhaus et al., 2024). Im Gegensatz dazu stellen Approximallflächen seit jeher eine Herausforderung für die frühzeitige Diagnose und damit für die Kontrolle und das Management des Kariesprozesses dar (Splieth et al., 2024). Die schwierige klinische Diagnose von früher Approximalkaries knapp unterhalb der Kontaktpunkte (solche ICDAS 1/2-Läsionen werden oft übersehen), der mitunter eingeschränkte Speichelzugang und die unzureichende Selbstreinigung stellen wichtige Aspekte dar. Im Allgemeinen verläuft der Kariesprozess im Approximalbereich des bleibenden Gebisses bei Kindern mit geringem Kariesrisiko nur langsam, insbesondere in Ländern wie Schweden oder Deutschland, in denen ein signifikanter Kariesrückgang bei Kindern zu beobachten ist (Mejäre et al., 1999; Splieth et al., 2024).

Dennoch ist die Kariesinzidenz im Teenageralter immer noch hoch und betrifft hauptsächlich die Approximallflächen; u. a. auch während festsitzender kieferorthopädischer Therapie, wenn die approximale Reinigung besonders erschwert ist.

Die Behandlung solcher Läsionen kann von der Verbesserung der Mundhygiene und der Verwendung von Fluoriden bis hin zur Anwendung von approximalen

Versiegelungen, Kariesinfiltration (ICON), der Anwendung von sogenannten selbststrukturierenden Peptiden (Curodont repair) und herkömmlichen Restaurationen reichen (Splieth et al., 2020). Silberdiamin-fluoridprodukte (SDF) oder Silberfluoridprodukte (AgF= „SDF auf wässriger Basis ohne Ammoniak“) bieten allgemein eine minimalinvasive Behandlungsoption, die sich bei der Behandlung kariöser Läsionen bei Kindern und Erwachsenen für alle Kariesstadien und auch in der Prävention als wirksam erwiesen hat (Contreras et al., 2017).

Neben dem Goldstandard Röntgenuntersuchung (Bissflügelaufnahme) wurden in den letzten Jahrzehnten alternative Methoden zur Erkennung von Karies ohne Strahlung eingeführt, wie die fotooptische Transillumination (FOTI) und die Nahinfrarot-Technologie (NIR), die zur Weiterentwicklung zur digitalen fotooptische Transillumination (DIFOTI; z. B. DiagnoCam, VistaCam; Abb. 1a–c) beigetragen haben (Macey et al., 2021; Neuhaus et al., 2024; Shimada et al., 2020). Der kombinierte Einsatz dieser Methoden ermöglicht eine frühzeitige Diagnose, wodurch die Intervention von der operativen hin zur präventiven/minimalinvasiven Behandlung verlagert werden kann (Rechmann et al., 2018).

Es ist hinlänglich bekannt, dass SDF dem Fortschreiten von Karies auf chemischem Wege erheblich entgegenwirkt und auch den Beginn des Kariesprozesses (Croll and Berg, 2020) sowohl bei Milchzähnen als auch bei bleibenden Zähnen verhindern kann (Gao et al., 2016; Oliveira et al.,

2019). Aus In-vitro-Studien geht hervor, dass insbesondere bei Patienten, die sich nicht an die gängigen Präventionsmaßnahmen halten, 38%iges SDF zur Remineralisierung beginnender Kariesläsionen an bleibenden Zähnen eingesetzt werden sollte, wenn die Ästhetik keine Rolle spielt (Punyanirun et al., 2018), da es in der Lage ist, den Zahnschmelz zu remineralisieren und auch bakteriostatische Eigenschaften hat (Contreras et al., 2017; Idoraşi et al., 2021).

Soweit wir wissen, gibt es in der Literatur keine klinischen Studien oder international in wissenschaftlichen Journals publizierte Fallberichte über die Behandlung multipler aktiver, nicht kavierter approximaler kariöser Läsionen im bleibenden Gebiss von Kindern mit Silberfluorid neben der in der Einleitung genannten Wissenschaftsbeiträge (Ahmed et al., 2023). Dies ist erstaunlich, da allgemein die hohe Wirksamkeit von SDF für alle Stadien kariöser Läsionen mit Großteils hohem Evidenzgrad nachgewiesen wurde (BaniHani et al., 2022; Gao et al., 2016). Bereits vor zehn Jahren wurde ein Studienprotokoll für einen RCT veröffentlicht, das beschreibt, dass für eine einzelne Approximalkaries die Applikation von SDF mit der Kariesinfiltration und einer Kontrollgruppe verglichen werden soll (Mattos-Silveira et al., 2014). Diese Ergebnisse sind unseres Wissens leider bislang noch nicht veröffentlicht. Jedoch zeigt eine andere retrospektive Studie aus den USA, wo jeweils immer nur eine Läsion pro Patient behandelt wurde, einen deutlichen positiven Nutzen von SDF mit dem Produkt Advantage Arrest (Elevate Oral Care)

im Gegensatz zur Kontrollgruppe „nur“ 23,6 Prozent vs. 38,1 Prozent Progression (Polacek et al., 2021). Es schien so zu sein, dass Läsionen, bei denen SDF mittels Microbrush appliziert wurde, verglichen mit der SDF-Applikation mit Superfloss auch besser inaktiviert werden konnten.

Diese Falldarstellung zielt daher darauf ab, einen innovativen, einfachen und kostengünstigen klinischen Ansatz für das Management multipler approximaler, nicht kavierter Läsionen durch die Anwendung von 38%igem Silberfluorid (Riva Star Aqua®) nach dem Einsetzen von kieferorthopädischen Separiergummi für die direkte klinische Inspektion und den besseren Zugang zur approximalen Läsion der breiteren deutschsprachigen Öffentlichkeit, also insbesondere den klinisch tätigen Zahnärzten, vorzustellen.

Falldarstellung

Ein 13-jähriges Kind mit gutem allgemeinen Gesundheitszustand suchte im November 2019 in Begleitung der Eltern die Abteilung für Präventive Zahnmedizin und Kinderzahnheilkunde der Universitätsmedizin Greifswald zur zahnärztlichen Routineuntersuchung auf. Der Patient gab keine dentalen Symptome oder Beschwerden an.

Diagnostik (klinisch/röntgenologisch)

Bei der zahnärztlichen Routineuntersuchung wurden eine schlechte Mundhygiene und der Konsum von zucker-

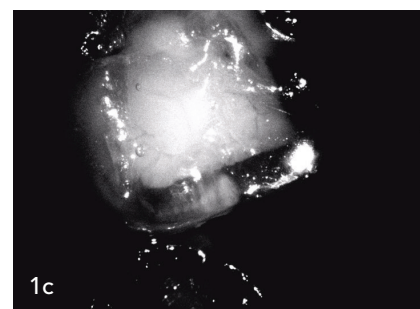
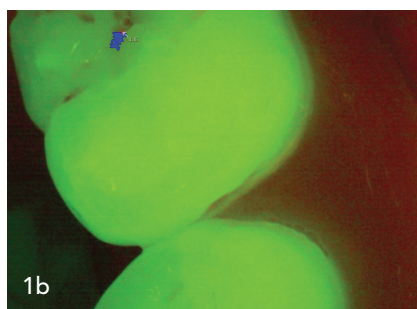


Abb. 1a–c: Beispielhafte Darstellung von röntgenstrahlenfreier Diagnostik von der Initialläsion an der mesialen Fläche von Zahn 46 (a). Diese kann beispielsweise mit der VistaCam mit dem Fluoreszenz-Aufsatz (b) bzw. mit dem Proxy-Aufsatz (c) dargestellt und zur Dokumentation verbildlicht werden.

haltigen Speisen und Getränken in der Vorgeschichte festgestellt. Die klinische Untersuchung (11/2019) ergab einen Verdacht auf multiple proximale kariöse Läsionen. Die Approximalfächen wurden mittels FOTI untersucht und zeigten sowohl Schmelz- als auch Dentinläsionen. Während desselben zahnärztlichen Besuchs wurden Bissflügel-Röntgenaufnahmen angefertigt, um das Vorhandensein von Läsionen zu bestätigen und deren Tiefe und Nähe zur Pulpa zu bestimmen (Abb. 2). Zur Diagnose und Überwachung des Fortschreitens dieser Läsionen wurde das ADA-Klassifikationssystem für Approximalkaries verwendet (Young et al., 2015):

- E1: Läsion in der äußeren Hälfte des Schmelzes;
- E2: Läsion in der inneren Hälfte des Schmelzes;
- D1: Läsion, die die Schmelz-Dentin-Grenze (EDJ) überschreitet und im äußeren Drittel des Dentins liegt;
- D2: Läsion im zweiten Drittel des Dentins;
- D3: tiefe Läsion, die das zweite Drittel des Dentins überschreitet.

Für die Auswertung der Bissflügel-Röntgenbilder klassifizieren wir die Läsionen in einem dunklen Raum mit der Möglichkeit, den Kontrast und die Helligkeit der Rönt-

genbilder digital zu verändern (Tab. 1). Die gleichen Kriterien für die Bissflügel-aufnahmen wurden auch bei der Nachuntersuchung berücksichtigt, die gleichzeitig die Röntgenuntersuchung vor der Silberfluorid-Applikation war (Abb. 3).

Zahnseparation mit kieferorthopädischen Gummis

Bei der klinischen Untersuchung nach der knapp 1–2 stündigen Zahnseparation mit kieferorthopädischen Gummis konnte für die meisten Läsionen kein Anhalt für eine deutliche Kavitation gefunden werden (Abb. 3a und b).

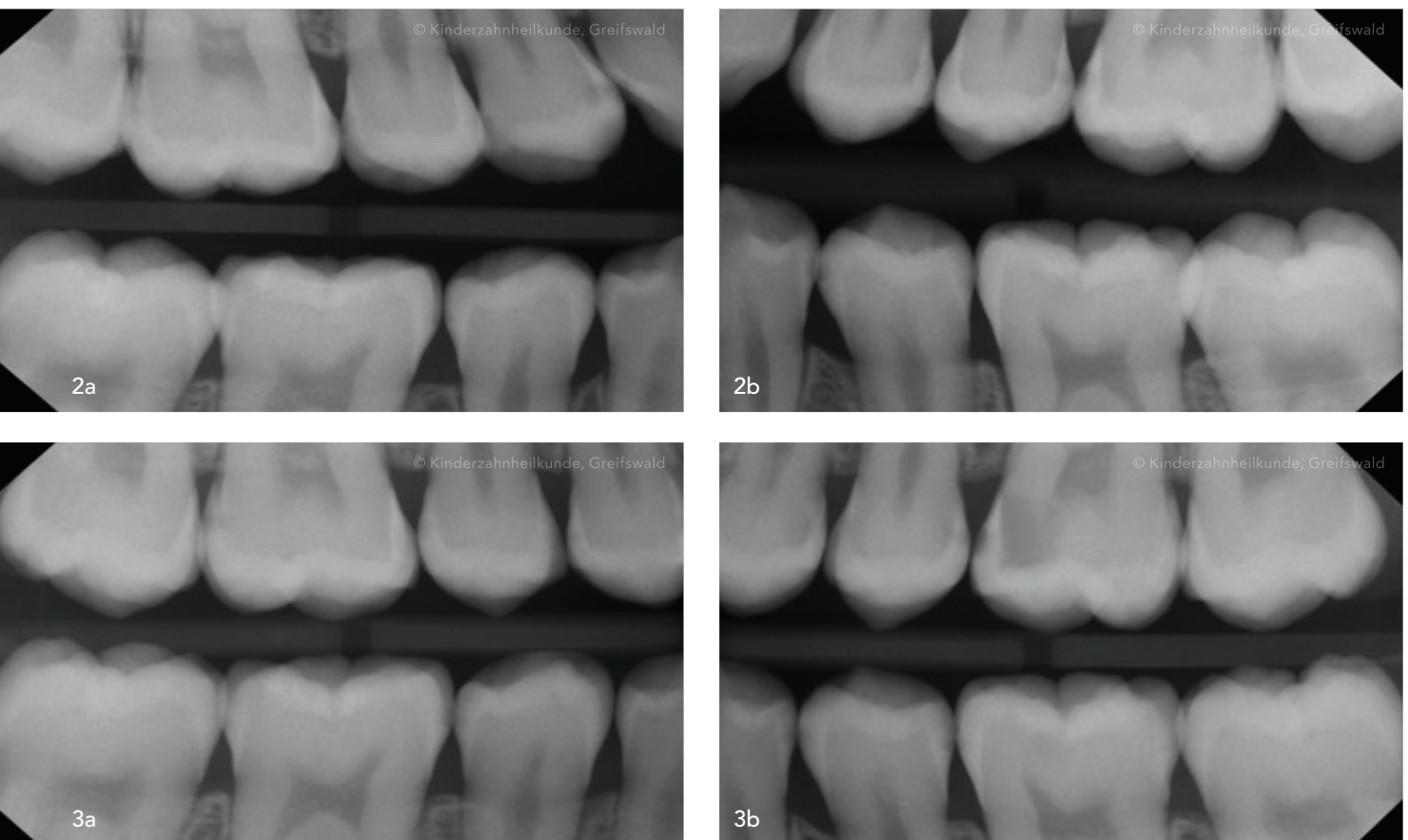


Abb. 2a und b: Baseline 11/2019: Bissflügel-aufnahmen zeigen multiple proximale Läsionen, jedoch klinisch ohne klare Kavitation auf der rechten (a) und linken Seite (b). Der Patient war 13 Jahre alt und sollte zukünftig sogar noch eine festsitzende kieferorthopädische Apparatur erhalten. Es wurden nur nichtinvasive Kariesbehandlungen durchgeführt, da der Patient aufgrund der COVID-19-Pandemie erst im Jahr 2022 bei uns für eine mikroinvasive oder restaurative Behandlung vorstellig wurde. Eine Bewertung der Läsionen finden Sie in Tabelle 1. – **Abb. 3a und b:** Nach mehr als zwei Jahren zeigen die Bissflügel-aufnahmen rechts (a) und links (b) im Jahr 02/2022 die Kariesprogression bei einer ausschließlich nicht-invasiven Kariesbehandlung während KFO-Therapie. Hier erfolgten z. B. Mundhygieneaufklärung, Zahnseideinstruktion und Empfehlung, Fluoridgelee wöchentlich zu benutzen und in der Praxis regelmäßig Fluoridlack aufzutragen. Der Patient ist jetzt 15 Jahre alt, und die Bissflügel-aufnahmen zeigen den Status vor der Entscheidung, AgF auf die nicht kavierten Läsionen aufzutragen. Zudem wurden restaurative Behandlungen geplant (Kompositrestaurationen bei moderaten, kavitierten Läsionen und bei der tiefen Läsion an Zahn 26 erfolgte eine selektive Kariesentfernung mit Anwendung von Biodentin vor der Restauration) sowie eine direkte Applikation von AgF auf die Läsion an 15 distal, welche auch zur späteren dunklen Verfärbung an 26 führte; siehe Abbildung 4; zur Bewertung der Läsionen siehe Tabelle 1.

Insgesamt wurden 15 initiale (nicht kavitierte) Läsionen röntgenologisch entdeckt (02/2022): neun Schmelzläsionen (E1, E2) und sechs Dentinläsionen (D1; Abb. 2). Außerdem deutete neben der recht schnellen Progression der Läsionen zwischen den beiden Bissflügelaufnahmen der hohe Plaque- und Gingivablutungsindex des Patienten darauf hin, dass die approximalen Läsionen sehr wahrscheinlich aktiv waren.

Prophylaxe-Programm

Im Rahmen des präventiven Konzeptes der Abteilung wurde während desselben Besuches ein noninvasiver Ansatz verfolgt, um die Initialkaries zu kontrollieren. Dazu gehörte, dass das Kind, das als Patient mit hohem Kariesrisiko eingestuft wurde, alle drei Monate Anweisungen zur Mundhygiene, Ernährungsberatung, Verwendung von Zahnseide und Fluoridlack erhalten sollte, um das Fortschreiten der Läsionen aufzuhalten.

Zum Visualisieren der Zahnbeläge wurden die Zähne des Kindes mit einer Plaqueanfärbelösung angefärbt. Dann wurde das Kind gebeten, sich allein mit einer normalen Zahnbürste und einer fluoridierten Zahnpasta die Zähne zu putzen, um besser einzuschätzen, wie gut der Patient sich seine Zähne putzen kann. Danach wurden die Zähne des Kindes vom Zahnarzt mit einer elektrischen Zahnbürste nachgeputzt. Leider waren diese Maßnahmen nicht ausreichend, wie die folgenden klinischen und röntgenologischen Untersuchungen zeigten (Abb. 2). Wahrscheinlich aufgrund der festsitzenden KFO-Therapie, welche ausgerechnet auch noch teilweise während der COVID-19-Pandemie stattfand, und der damit verbundenen Einschränkungen, befolgte der Patient weder die Empfehlungen für eine regelmäßige Nachsorge noch für mikroinvasive und/oder restaurative Maßnahmen, zum Beispiel für die Zähne 14, 24 und 26.

Indizierte Anwendung von Silberfluorid

Nach einer langen Zeitspanne von 27 Monaten seit den ersten Bissflügelaufnahmen (11/2019) wurden neue Bissflügelröntgenbilder angefertigt (02/2022), die

in Übereinstimmung mit den klinischen Befunden eine deutliche Progression der bestehenden approximalen Läsionen und die Entwicklung neuer Läsionen zeigten. Dies verdeutlicht leider eindrücklich die Kariesaktivität des Patienten insbesondere während der festsitzenden KFO-Therapie (Abb. 2).

Das Stadium und die Lage der approximalen Läsionen sind im Einzelnen im zeitlichen Verlauf aufgeführt (Tab. 1). Für die Behandlung der nichtkavitierten Läsionen (E1, E2, D1) und die Sanierung der mittelschweren bis tiefen Läsionen wurden nun mikroinvasive Behandlungsoptionen wie die Kariesinfiltration oder die Remineralisation mittels Peptiden vorgeschlagen. Im Gegensatz zum ersten Besuch (2019) hatte die Verwendung von Silberfluoridprodukten in der Abteilung aufgrund der COVID-19-Pandemie enorm zugenommen. Daher wurde dieses Mal auch ergänzend die in diesem Artikel vorgestellte neue „experimentelle“ Anwendungsmethode mit AgF angeboten. Der Patient und die Eltern erhielten eine ausführliche Erläuterung der Behandlungsmöglichkeiten, einschließlich ihrer Vor- und Nachteile sowie des Zeit- und Kostenaufwandes. Nach der Diskussion einigte man sich darauf, AgF (Riva Star Aqua®) in allen approximalen Bereichen mit (Initial-) Karies anzuwenden. Für moderate Läsionen wurden wie in den Bildern gezeigt Kompositrestaurationen geplant, und für die tiefe Läsion mesial am Zahn 26 wurde eine selektive Kariesentfernung mit der Anwendung von Biodentin vor der Restauration durchgeführt. In derselben Sitzung der Restauration von 26 wurde zudem Silberfluorid direkt auf die klinisch eindeutig intakte Oberfläche von 25 distal aufgetragen, was die dunkle Verfärbung dieser Kunststofffüllung erklärt.

Nachuntersuchung zur Neubewertung der einmaligen AgF-Anwendung

Der Patient wurde alle vier bis sechs Monate unter Anwendung des Standardprophylaxeprogrammes klinisch nachkontrolliert (Abb. 6). 16 Monate nach der letzten Bissflügelaufnahme wurde ein weiteres Röntgenbild geplant, um das Fortschreiten der bestehenden Läsionen und



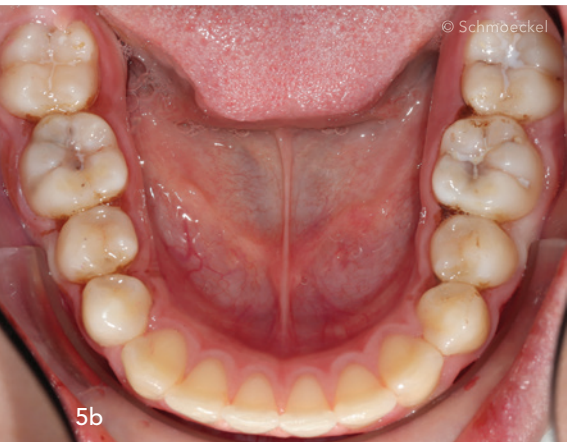
Abb. 4a und b: Klinische Fotos nach dem Einsetzen der kieferorthopädischen Separiergummis approximal, aber vor der Anwendung von AgF (04/2022, Alter des Patienten: 15 Jahre) im Ober- (a) und Unterkiefer (b). Zahn 26 wurde bereits okklusomesial mit selektiver Kariesentfernung und indirekter Pulpaüberkappung mit Biodentin restaurativ behandelt. Die schwarze Verfärbung bei der Füllung 26 entstand leider durch die Anwendung von AgF auf die distale Läsion von 25 nach der Zahnpräparation und der Applikation von Biodentin, aber vor der Kompositfüllung an 26, da die D1-Läsion in 25 distal klinisch nicht kavitiert war (ähnlich wie bei 24).

die Entwicklung neuer Läsionen zu beurteilen. Die Röntgenaufnahmen zeigten, dass es keine Anzeichen für die Entwicklung neuer Kariesläsionen gab. Alle behandelten Schmelzläsionen waren stabil und wiesen keine Anzeichen für ein Fortschreiten der Karies auf. Von den D1-Läsionen wies eine von sechs Läsionen klinische Anzeichen von Kavitation auf und musste versorgt werden. Keine der

Zahn im OK	17		16		15		14		24		25		26		27
Fläche	M	D	M	D	M	D	M		M	D	M	D	M	D	M
Abb. 2 – 11/2019	?	0	E1	E2	E2	E2	D1		0	D1	E2	D1	D2	0	0
Abb. 3 – 02/2022	?	D1	D1	D1	E2	D1	–		–	D2	D1	D1	D3	E2	?
Abb. 7 – 06/2023	?	D1	D1	D1	E2	D1	F		0	F	F	D1	F	E2	0
Zahn im UK	47		46		45		44		34		35		36		37
Fläche	M	D	M	D	M	D			D	M	D	M	D	M	
Abb. 2 – 11/2019	0	0	E1	E1	0	0			E2	E1	E2	0	0	?	
Abb. 3 – 02/2022	0	0	E1	E2	0	0			E2	E1	E2	E1	E1	?	
Abb. 7 – 06/2023	0	0	E1	E2	0	0			E2	E1	E2	E1	?	0	

ADA-Klassifikation (E1; E2; D1; D2; D3) Definitionen s. Text; (?) = nicht beurteilbar, (–) = nicht auf Röntgenbild abgebildet, (F) = Füllung

Tab. 1: Röntgenologische Stadien der kariösen Läsionen im zeitlichen Verlauf: 11/2019 (vor der Pandemie und vor festsitzender KFO); 02/2022 (vor der Anwendung von AgF und der restaurativen Behandlung); und 1,5 Jahre später in 06/2023 als Nachuntersuchung nach der AgF-Anwendung bei den oberen und unteren bleibenden Zähnen für diesen hochgradig kariesaktiven jugendlichen Patienten, dokumentiert durch Kariesprogression in den ersten Jahren (von 2019 bis 2022) und Stabilität nach der Anwendung der AgF und der restaurativen Behandlung (von 2022 bis 2023).



anderen Dentinläsionen wies röntgenologische Anzeichen einer Kariesprogression auf (Abb. 6 und Tab. 2).

Behandlungsschritte für die Behandlung aktiver initialer/wahrscheinlich nichtkavittierter Approximalkariesläsionen

Einsetzen von kieferorthopädischen Separatoren

In allen approximalen Bereichen mit initialen Kariesläsionen wurden für knapp zwei Stunden Separatoren platziert, um die direkte klinische Inspektion und die direkte Applikation von AgF mit einem Microbrush zu erleichtern (Abb. 4). Nach dem Entfernen der Separiergummis wurde eine kurze Zeitspanne von etwa fünf bis zehn Sekunden für die direkte klinische Untersuchung genutzt. Anschließend wurde AgF mit einem kleinen Microbrush schnell in den approximalen Bereichen aufgetragen (Abb. 5). Es ist wichtig zu beachten, dass der approximale Kontaktbereich nicht immer so weit geöffnet war, dass ein vollständiges Einführen des

Microbrush für das direkte Benetzen aller Oberflächen während der gesamten Anwendungszeit möglich war. Dennoch verbesserte die vorherige Zahnseparation die Zugänglichkeit für eine erste kurze klinische Untersuchung und erleichterte die Benetzung der Läsion durch AgF. Bei eindeutigen Anzeichen einer manifesten Kavitation wären weitere Restaurationen geplant worden.

Silberfluorid-Anwendung (Riva Star Aqua®)

- Vaseline wurde verwendet, um die Lippen und das umgebende extraorale Weichgewebe zu schützen und Verfärbungen zu vermeiden/verringern.
- Andere Zahnoberflächen wurden mit Watterollen und einem Speichelsauger isoliert, um unerwünschte Verfärbungen oder Reizungen des Weichgewebes oder anderer Oberflächen zu minimieren.
- Der jeweilige Bereich wurde vor dem Auftragen des Materials gereinigt und mit Luft getrocknet.

Abb. 5a und b: Klinische Fotos in 04/2022 direkt nach der Anwendung von AgF (Riva Star Aqua®) im Ober- (a) und Unterkiefer (b); am selben Tag wie die Anwendung der KFO-Separatoren für zwei Stunden; Alter des Patienten: 15 Jahre. Approximal ist eine geringe Reizung und Schwarzfärbung des Zahnfleisches zu sehen, die in der Regel innerhalb weniger Tage abklingt und keine Langzeitwirkung hat, wie die Nachuntersuchungsfotos (siehe Abbildung 6) zeigen.

Abb. 6a und b: Gut einjährige Nachuntersuchung nach AgF in 06/2023; Alter des Patienten: 17 Jahre. Klinische Fotos nach dem Anfärben der Plaque und dem Selbstputzen des Patienten. Die Kompositrestaurationen an 24 und 26 weisen, wie zu erwarten ist, immer noch die Verfärbungen auf, die durch die Anwendung von AgF an den Nachbarzähnen während derselben Behandlungssitzung entstanden waren (a). Die Verfärbungen der anderen approximalen Initialläsionen sind nicht oder kaum sichtbar und verursachen keine ästhetischen Bedenken (b). Möglicherweise sollte eine erneute Anwendung von AgF auf die approximalen Läsionen in Betracht gezogen werden.



- AgF wurde sofort nach der Entfernung der Separiergummis mit einem Microbrush für etwa 30 Sekunden bis eine Minute pro approximalen Bereich aufgetragen (Young et al., 2021): mechanische Benetzung/Wirkunterstützung; Alternativ/ergänzend dazu kann auch das Separiergummi zuerst oben aufgeschnitten werden (Abb. 8), dann AgF appliziert, dann das Separiergummi entfernt und weiter AgF appliziert werden.
- Eine „Lichthärtung“ von zehn Sekunden erfolgte für jeden Approximalraum, um die Aktivierung des AgF zu beschleunigen und das AgF idealerweise tiefer in die Läsion eindringen zu lassen (Hassan et al., 2021): chemische Wirkunterstützung.
- Fluoridlack (Duraphat, 22.600 ppm) wurde auf den jeweiligen Bereich aufgetragen, vor allem, um den Geschmack/Geruch des AgF-Produktes zu überdecken (Mitchell et al., 2021; Ruff et al., 2022), aber auch um AgF so lange wie möglich in Kontakt mit der Kariesläsion zu halten und zu verhindern, dass der Speichel AgF verdünnt bzw. weitere Verfärbungen über AgF im Speichel entstehen (Crystal et al., 2017).

Diskussion von aktuellen Alternativen

Prävention/Noninvasives Kariesmanagement

Für Approximalkaries im Initialstadium können in der noninvasiven Therapie die gängigen kariespräventiven Maßnahmen genutzt werden (Tab. 2). Hier ist nur das „Problem“ der häuslichen Compliance bei der Zahnzwischenraumreinigung insbesondere bei Jugendlichen mit hohem Kariesrisiko und hoher Kariesaktivität. Auch wenn diese Maßnahme prinzipiell günstig ist, ist sie auf lange Sicht dennoch nicht zwingend kosteneffizient (Schwendicke et al., 2014).

Kariesinfiltration und proximale Versiegelung

Die Kariesinfiltration mit ICON® ist eine minimalinvasive Behandlung, die demineralisierte Bereiche bzw. Farbveränderungen in Form von „White Spots“ nach KFO-Therapie mit Brackets maskieren kann (Yazarloo et al., 2023). Auch für den Approximalbereich bietet die Kariesinfiltration (Abb. 9) oder beispielsweise auch eine

proximale Versiegelung bei Initialkaries ohne Kavitation eine minimalinvasive und zahnhartsubstanzschonende Behandlungsoption (Paris et al., 2020). Hierbei wird die kariöse Läsion in verschiedenen Arbeitsschritten versiegelt (die verwendete Polyurethanfolie ist leider nicht auf dem Markt erhältlich; Alkilzy et al., 2009)

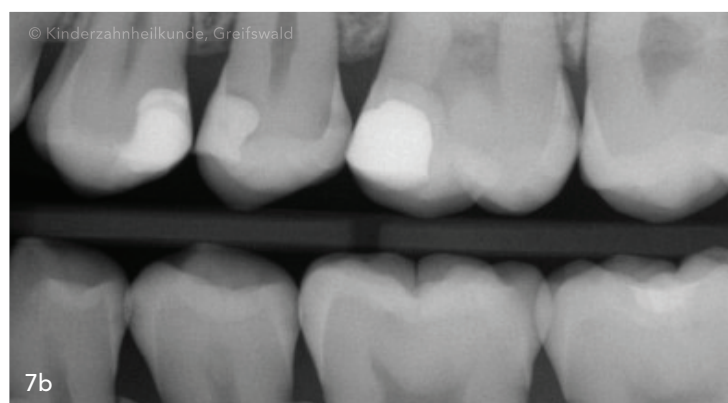
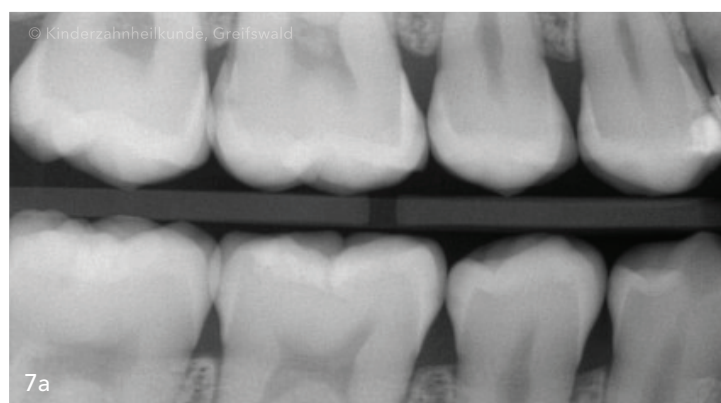


Abb. 7a & b: Bissflügelaufnahmen auf der rechten (a) und linken Seite (b) 16 Monate nach der AgF-Anwendung zeigen die Stadien der approximalen Läsionen sowie die Unversehrtheit der restaurativen Verfahren (06/2023, Alter: 17 Jahre), was auf eine deutliche Verringerung der Kariesaktivität und Stabilität der Läsionen hinweist. Für die genaue Bewertung der Läsionen siehe Tabelle 1.



Abb. 8a–c: Als optionale Erweiterung der o. g. Therapieoption kann das KFO-Separiergummi auch nach der Applikation und etwas Wartezeit zuerst mit einer Schere aufgeschnitten werden (a), was die direkte Applikation auf die sichtbare Schmelzläsion an 26 mesial erleichtert und somit die Benetzung der Läsion durch das AgF verbessern kann (b). Nach der Entfernung des Gummis (c) sollte dann die weitere AgF-Applikation erfolgen, damit auch Bereiche die vom Separiergummi noch verdeckt waren erreicht werden können.

oder mit dem Infiltranten versorgt (Paris and Meyer-Lueckel, 2012) und das Risiko der Kariesprogression deutlich reduziert (Meyer-Lueckel et al., 2021), ohne dass

eine Kavität präpariert oder eine Entfernung kariösen Gewebes durchgeführt werden muss. Das Set zur Kariesinfiltration ist jedoch nicht ganz preiswert, und

auch die Handhabung erfordert etwas Übung. Die Evidenzlage für die Wirksamkeit der Infiltration ist jedoch hoch (Cebula et al., 2023).

Innovative Behandlung von multipler, nicht kavittierter Approximalkaries bei Kariesrisikopatienten: Kombination von Silberdiaminfluorid und kieferorthopädischen Separiergummis

Eilaf E. A. Ahmed*, Salma Al Nesser, Mhd Said Mourad, Christian H. Splieth und Julian Schmoeckel

Zielsetzung: Ziel dieser Studie ist die retrospektive Bewertung der Wirksamkeit der Anwendung von SDF (Silberdiaminfluorid) im Anschluss an eine Zahnseparation mittels Separiergummis bei der Behandlung mehrerer nicht kavittierter approximaler kariöser Läsionen in einer einzigen Sitzung, die speziell für Patienten mit hohem Kariesrisiko konzipiert wurde.

Materialien und Methoden: Eine retrospektive Pilotstudie wurde in der Abteilung für Präventiv- und Kinderzahnmedizin der Universität Greifswald durchgeführt. Röntgenuntersuchungen wurden bei klinischem Verdacht auf Approximalkaries an bleibenden Zähnen durchgeführt und im Röntgenbild nach der ADA-Kariesklassifikation klassifiziert. Die Studie umfasste fünf Patienten (Durchschnittsalter $15,6 \pm 0,5$ Jahre), die bei Studienbeginn proximale Schmelzläsionen (E1: $n=23$ /E2: $n=21$) und Läsionen, die gerade die Schmelz-Dentin-Grenze überschreiten (D1: $n=29$), aufwiesen und mit dem innovativen Ansatz nach Ahmed et al. (2023) behandelt wurden. Die kieferorthopädischen Separatoren wurden für 1 bis 2 Stunden eingesetzt und dann entfernt, um ein kurzes klinisches Untersuchungsfenster (5 bis 10 Sekunden) für die Unversehrtheit der Läsionsoberfläche der zuvor röntgenologisch identifizierten Approximalkaries zu ermöglichen. Die Läsionen wurden dann mit 38%igem SDF (Riva Star/Aqua®) unter Verwendung eines Microbrushes für 30–60 Sekunden pro Kontaktfläche behandelt, gefolgt von einer 10-sekündigen Lichthärtung zur Aktivierung. Die Nachuntersuchungen erfolgten i. d. R. alle drei bis sechs Monate, einschließlich klinischer Untersuchung, Standardprophylaxeprogramm und Fluoridanwendung.

Ergebnisse: In den Bissflügel-aufnahmen im Follow-up (mittlere Nachbeobachtungszeit: $15,4 \pm 1,5$ Monate) zeigten nur vier der Schmelzläsionen (E1 & E2) eine Progression (Erfolgsrate: 91 Prozent), während ebenfalls nur drei der nicht kavitierten D1-Läsionen eine Progression vorwiesen (Erfolgsrate von 89,6 Prozent).

Schlussfolgerung: Die einmalige direkte Anwendung von 38%iger SDF mit einem Microbrush nach der o. g. Zahnseparation zeigt in dieser gut einjährigen retrospektiven Pilotstudie vielversprechende Ergebnisse und sollte als potenziell sehr effizienter, minimalinvasiver, kostengünstiger und einfacher Ansatz zur Behandlung approximaler nicht kavittierter kariöser Läsionen im jugendlichen bleibenden Gebiss weiter untersucht werden.

* Eilaf Ahmed (und Arbeitsgruppe) wurden von der Organisation for Caries Research (ORCA) für dieses Studienprojekt mit dem ORCA Nathan Cochrane Junior Scientist Award 2024 ausgezeichnet.

Biomimetische Mineralisation mit Peptid 11-4

Einen anderen hochinteressanten, jedoch in Deutschland im Praxisalltag (wohl bislang) kaum genutzten Ansatz zur Behandlung initialer kariöser Läsionen bietet die biomimetische Mineralisation mittels selbststrukturierender Peptide (Curodont™ Repair). Insbesondere bei bleibenden Molaren im Durchbruch sind u. a. durch die Schleimhautkapuze und Schwierigkeiten bei der Trockenlegung suffiziente Versiegelungen mit Kompositen kaum möglich (Alkilzy et al., 2018). Deshalb kann z. B. Curodont™ Repair genau auf diesen Risikoflächen appliziert werden, um die Remineralisation durch Einlagerung von Fluoriden zu unterstützen und so den kariösen Prozess besser zu inaktivieren (Schema: Abb. 10).

In einer klinischen randomisierten und kontrollierten Studie aus unserer Arbeitsgruppe aus Greifswald (Alkilzy et al., 2018) mit dem Peptid 11-4 wurde gezeigt, dass diese noninvasive Maßnahme (Peptid 11-4 + Fluoridlack) bessere Remineralisation bzw. Inaktivierung der initialkariösen Läsionen bewirkt als ein hochkonzentrierter Fluoridlack alleine. Sehr ähnliche Ergebnisse wurden später noch in einigen anderen klinischen randomisierten und kontrollierten Studien anderer Arbeitsgruppen

publiziert (Bröseler et al., 2020) und in einer systematischen Übersichtsarbeit zusammengefasst (Wierichs et al., 2021).

Kariesinaktivierung mit Silberfluoridprodukten – allgemeine Aspekte

Die SDF-Lösung besteht aus Diaminsilberionen und Fluoridionen, welche den Demineralisierungsprozess und den Abbau von Dentinkollagen verhindern und zusätzlich die Remineralisation von kariösem demineralisiertem Schmelz und Dentin fördern (Mei, Ito et al., 2013). SDF besitzt zudem antibakterielle Eigenschaften, die innerhalb der bakteriellen Mikroflora ihre Wirkung entfalten (Mei, Li et al., 2013). Ein kürzlich durchgeführtes systematisches Review ergab, dass SDF das Wachstum kariogener Bakterien inhibiert (Zhao et al., 2018). Wissenschaftlich wurde bereits eindeutig belegt, dass kavitierte koronale kariöse Läsionen durch die halbjährliche Applikation von 38%iger SDF-Lösung im Vergleich zur Anwendung von 5 Prozent NaF-Lack besser inaktiviert werden. Insgesamt wurden bereits mehr als zehn randomisierte klinische Studien veröffentlicht (Horst, 2018; Mei et al., 2018), in welchen die Effektivität von SDF analysiert wurde. Des Weiteren wurden die Pharmakokine-

MASSNAHMEN	KOMMENTAR
regelmäßiges und sorgfältiges mechanisches Reinigen aller Zahnflächen	• mindestens zwei Mal täglich mit einer Zahnputzsystematik Zähne putzen • Nutzen von Hilfsmitteln zur Approximalreinigung
ausreichende Fluoridierung zur Remineralisation (alters- und risikoabhängig)	• Kinder-/Junior-/Erwachsenenzahnpasta mit 1 000–1 500 ppm Fluoridgehalt anwenden • zusätzliches wöchentliches Putzen mit einem hoch dosierten Fluoridgel (z.B. 12 500 ppm Fluorid) • häusliche Anwendung von fluoridiertem Speisesalz • Applikation von Fluoridlack auf die aktiven kariösen Läsionen (z.B. 22 600 ppm Fluorid) beim Recall in der Praxis
abwechslungsreiche Ernährung	• mit wenigen täglichen Zuckerimpulsen • insbesondere Vermeidung von zuckerhaltigen Getränken zwischendurch
regelmäßiger Zahnarztbesuch	zur Kariesprophylaxe und -management • bei niedrigem Kariesrisiko halbjährlich • bei hohem Kariesrisiko vierteljährlich oder häufiger

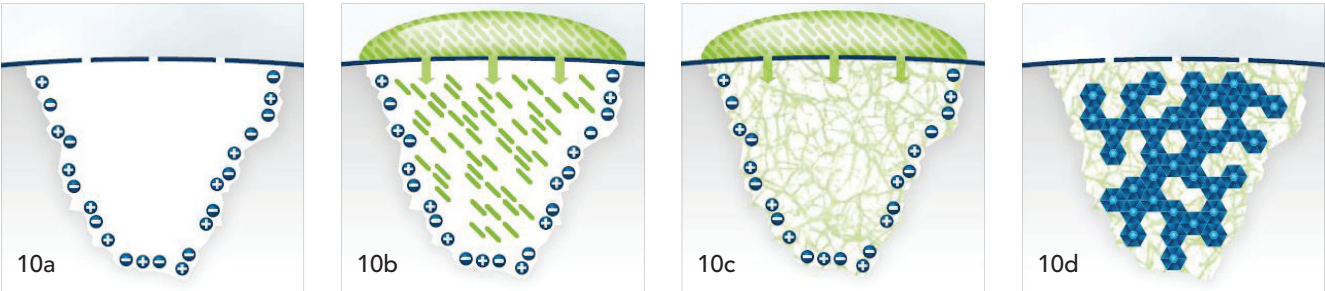
Tab. 2: Maßnahmen in der ursächlichen, noninvasiven Kariestherapie in Anlehnung an kariespräventive Maßnahmen.

tik (Vasquez et al., 2012) und die Reaktion der Gingiva bei der Anwendung von SDF untersucht (Castillo et al., 2011). Zusammenfassend heißt das, dass im Rahmen dieser Studien nicht nur die Effektivität von SDF bewiesen wurde, sondern auch keine signifikanten Nebenwirkungen (außer der deutlichen oftmals schwarzen Zahnverfärbungen) bei der Anwendung dieses Produktes aufgetreten sind.

Dank diesem (modernen bzw. zugleich sehr alten; vgl. „Silbernitrat-Imprägnierung“) und einfach anwendbaren biologisch geprägten Ansatz zur Behandlung kariöser Milchzähne ist es möglich, kariöse Dentinläsionen ohne Kariesexkavation zu inaktivieren. Auf diese Weise kann sowohl die schnelle Inaktivierung als auch die Remineralisation vieler kavittierter kariöser Läsionen erreicht werden (Abb. 10),



Abb. 9: Minimalinvasive Therapie approximaler Initialkaries durch die Kariesinfiltration mit ICON® erfordert absolute Trockenlegung und mehrere (zeitintensive) Schritte, ist jedoch wissenschaftlich schon gut untersucht. – Abb. 10a–d: Biomimetische Behandlung von Initialkaries im Schema: a) Frühe Kariesläsion, b) ein Tropfen Curodont™ Repair (grün) wird auf die Zahnoberfläche aufgetragen und diffundiert durch die Poren der hypermineralisierten Platte in die kariöse Läsion, c) Curodont™ Repair bildet innerhalb der Läsion ein dreidimensionales Netzwerk, d) Um das Curodont™ Repair Netzwerk herum bilden sich innerhalb von einem bis sechs Monaten neue Hydroxylapatitkristalle und bewirken eine „Regeneration“ bzw. Remineralisation der kariösen Läsion. (Abb.: ehem. Credentis AG, mit freundlicher Genehmigung)



VORTEILE	NACHTEILE
einfache und zügige Anwendung möglich	permanente dunkle bzw. schwarze Verfärbung der kariösen Läsionen (und Kleidung etc.); temporäre Verfärbung von Gingiva und Haut
sehr viele kariöse Zähne sind in einer Sitzung behandelbar: insbes. wichtig bei ECC und multipler Approximalkaries	
keine umfangreiche Ausrüstung erforderlich, d. h. die Anwendung könnte prinzipiell auch in Schulen, Pflegeheimen usw. erfolgen	Akzeptanz der Eltern für die Nutzung des Produktes ist abhängig von der Zahnregion und Kooperation des Kindes
Vermeidung von Narkosebehandlungen möglich oder zumindest Reduktion der Kariesprogression bei Patienten, bei denen eine Zahnsanierung unter Narkose geplant ist.	Die in Deutschland verfügbaren Produkte (Riva Star bzw. Riva Star Aqua®) sind nicht für die Kariesbehandlung zugelassen, sondern nur für die Desensibilisierung. In einigen anderen Ländern ist dasselbe Produkt jedoch zur Kariestherapie zugelassen.
schnelle und effektive Kariesinaktivierung	
hohe Wirksamkeit, auf höchster Evidenzstufe wissenschaftlich belegt	
kostengünstig und sehr gute Kosteneffizienz	Kostenübernahme in D. nicht durch gesetzliche Krankenversicherung abgedeckt

Tab. 3: Wichtigste Vor- und Nachteile von Silberflouridprodukten in der Übersicht.

auch wenn die nötige Mitarbeit von Eltern und Kindern beim häuslichen Zähneputzen nicht erreicht wird und/oder die Kooperation für eine konventionelle restaurative Therapie auf dem Zahnarztstuhl (aufgrund von geringem Alter oder Angst) ungenügend ist. Aktuelle Studien zeigen, dass auch das neue Produkt (Riva Star

Aqua®), was auch angenehmer riecht, gleich wirksam ist. Jedoch sollte auf die Applikation der grünen Kapsel (Kaliumiodid) eher verzichtet werden, da diese zwar die Verfärbung reduziert, aber zugleich auch die Effektivität der Kariesinaktivierung verschlechtert (Turton et al., 2021).

Das Schöne an dieser Kariesmanagementmaßnahme mit SDF ist die einfache und kostengünstige Anwendung für sehr viele Zähne auf einmal (Abb. 4). Zudem sollte die SDF-Applikation nicht isoliert betrachtet werden, denn die durch SDF inaktivierten kavitierten kariösen Läsionen können später, wenn gewünscht und auch in Abhängigkeit von der Lokalisation der Läsion, immer noch anderweitig versorgt werden. So kann die zunächst scheinbar nachteilige schwarze Färbung der kariösen Läsion ggf. später noch maskiert werden.

Es sollte jedoch nicht verschwiegen werden, dass SDF vorübergehend Haut und Gingiva verfärben/reizen kann, weshalb während der Anwendung der direkte Kontakt vermieden werden sollte. Da der Lack farblos ist, sollten zur Sicherheit zumindest die Lippen und Mundwinkel vorher großzügig mit Vaseline eingecremt werden, um versehentliche extraorale Verfärbungen zu vermeiden bzw. zu reduzieren, welche jedoch zum Glück temporär sind und nach ein paar Tagen wieder verschwinden.

Auch wenn dieser Beitrag primär das Kariesmanagement bei Jugendlichen beleuchtet, so soll hier dennoch erwähnt werden, dass SDF vorwiegend bei der Behandlung der frühkindlichen Karies eine Rolle spielt, aber auch in der Erwachsenen-zahnheilkunde/Seniorenzahnmedizin sicherlich eine wichtige Erweiterung des Therapiespektrums darstellt: Beispielsweise bei Wurzelkaries und/oder auch bei Pflegebedürftigkeit ist aufgrund der einfachen Applikation bei zugleich bestehender sehr hoher Wirksamkeit und geringen Kosten eine Anwendung in Betracht zu ziehen (Tab. 3).

Schlussfolgerungen

Die Anwendung von 38%igem Silberflourid nach der Zahnseparation mit kieferorthopädischen Separiergummis ist eine kostengünstige, einfache und schnelle Methode zur direkten klinischen visuellen Diagnostik von (Initial-)Karies und zur gleichzeitigen Behandlung mehrerer approximaler aktiver, nichtkavierter Läsionen (E1, E2, D1) bei bleibenden Zähnen. Die dabei entstehenden dunklen Verfärbungen



Abb. 11: Temporäre mögliche Nebenwirkung: extraorale dunkle Verfärbungen durch SDF nach der Applikation auf die kariösen Zähne bei Vergessen des Eincremens zum Hautschutz durch Vaseline und gleichzeitige versehentliche Benetzung durch den farblosen Lack z. B. durch Tropfen am Microbrush oder kontaminierten Handschuh oder Speichel/Zunge des Kindes.

bungen dieser Läsionen sind bei klinischen Nachuntersuchungen meist nicht oder nur minimal sichtbar.

Insbesondere bei approximalen Dentinläsionen ohne offensichtliche Kavitation kann eine erneute Anwendung von Silberfluorid sinnvoll sein oder es können andere hier vorgestellte mikroinvasive oder traditionelle konservative Ansätze erforderlich sein.

Take Home

- Der kariöse Prozess kann prinzipiell in jedem Stadium, egal ob initiale Läsion oder tiefe Dentinkaries, inaktiviert werden.
- Silberfluoridprodukte sind ganz allgemein bezüglich ihrer Wirksamkeit bei der Kariesarretierung klar belegt, dennoch ist das Produkt Riva Star Aqua® in Europa „nur“ für die Behandlung von Überempfindlichkeiten zugelassen.
- Auch wenn die Evidenzlage für die hier exemplarisch dargestellte spezifische Therapieoption noch gering ist, scheinen aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse diese Therapieoption (Separiergummi + SDF-Applikation) als potenzielle Therapiealternative zu untermauern.
- Silberfluoridprodukte sind in ihrer Anwendung einfach, kostengünstig und wirksam für alle Kariesstadien und somit als Initialtherapie oftmals sinnvoll. Dabei verfärben sich jedoch die kariösen Läsionen dunkel/schwarz und auch bei nicht immer zu vermeidender akzidenteller Benetzung von Haut, Kleidung, Oberflächen etc. kommt es zu diesen unerwünschten „Flecken“.
- Fluoridlackapplikationen, Infiltrationstechniken und auch die biomimetische Mineralisation sind bekannte gegenwärtige Behandlungsoptionen von Initialkaries im Approximalraum.

Darlegung potenzieller Interessenskonflikte

Die Abt. Präventive Zahnmedizin & Kinderzahnheilkunde hat für andere Studienprojekte von der Firma SDI limited Forschungsgelder erhalten, die jedoch mit dieser hier vorgestellten Therapieoption nicht im Zusammenhang stehen, die auch mit den Produkten Riva Star & Riva Star Aqua® durchgeführt wurde.

PRIV.-DOZ. DR. MED. DENT. HABIL. JULIAN SCHMOECKEL, M.SC.

Oberarzt
Poliklinik für Kinderzahnheilkunde,
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald
Tel.: +49 3834 867136
julian.schmoeckel@uni-greifswald.de
<http://www.dental.uni-greifswald.de>

SALMA AL NESSER, M.SC.

Poliklinik für Kinderzahnheilkunde,
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald

PRIV.-DOZ. DR. MED. DENT. HABIL. RUTH M. SANTAMARÍA, M.SC.

Oberärztin
Poliklinik für Kinderzahnheilkunde,
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald

DR. MED. DENT. MHD SAID MOURAD, M.SC.

Oberarzt
Poliklinik für Kieferorthopädie und
Poliklinik für Kinderzahnheilkunde,
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald

EILAF E. A. AHMED

Poliklinik für Kinderzahnheilkunde,
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald

PROF. DR. MED. DENT. HABIL. CHRISTIAN H. SPLIETH

Leiter der Poliklinik für Kinderzahnheilkunde und komm. Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung, Parodontologie, Endodontologie;
ZZMK Universitätsmedizin Greifswald

Julian Schmoeckel



Mhd Said Mourad



Christian H. Splieth



Salma Al Nesser



Ruth M. Santamaría



Eilaf E. A. Ahmed



HAT IHNEN DER BEITRAG GEFALLEN UND WOLLEN SIE TIEFER EINTAUCHEN IN DIE SPANNENDE WELT DER KINDERZAHNHEILKUNDE?

Wir empfehlen das Buch „Kinderzahnheilkunde in der Praxis“ von Christian H. Splieth/Ruth M. Santamaría/Julian Schmoeckel (Hrsg.) – 2., überarbeitete und erweiterte Auflage 2024 [Splieth et al., 2024]



Der vorliegende Fachbeitrag basiert in Teilen auf der durch KI unterstützten (DeepL) deutschsprachigen Übersetzung der nachfolgend genannten englischsprachigen Veröffentlichung in einem Peer-reviewed Journal, welche Open Access (frei zugänglich) nach den Bedingungen der Creative Commons Attribution (CC BY) Lizenz veröffentlicht wurde (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) und eine weitere Nutzung und Veröffentlichung sowie weitere durchgeführte Modifikation durch die Autoren unter Nennung der Quelle erlaubt.

Ahmed EEA, Al Nesser S, Schmoeckel J. Introducing an Innovative Approach for Managing Proximal Non-Cavitated Carious Lesions in Juvenile Permanent Dentition: Combining Orthodontic Separators and Silver Fluoride Application. Medicina (Kaunas). 2023 Oct 25;59(11):1892. <https://doi.org/10.3390/medicina59111892> PMID: 38003942

Literatur

